

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
11. August 2005 (11.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/073485 A3**

(51) Internationale Patentklassifikation:

*H01L 33/00* (2006.01) *H01L 31/0304* (2006.01)  
*H01L 27/15* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/000759

(22) Internationales Anmeldedatum:  
26. Januar 2005 (26.01.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 004 765.0 29. Januar 2004 (29.01.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **RWE SPACE SOLAR POWER GMBH** [DE/DE];  
Theresienstr. 2, 74072 Heilbronn (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BENSCH, Werner**  
[DE/DE]; Im Pfädle 12, 74226 Nordheim (DE).

(74) Anwalt: **STOFFREGEN, Hans-Herbert**; Friedrich-  
Ebert-Anlage 11b, 63450 Hanau (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY,  
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU,  
ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,  
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,  
PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,  
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

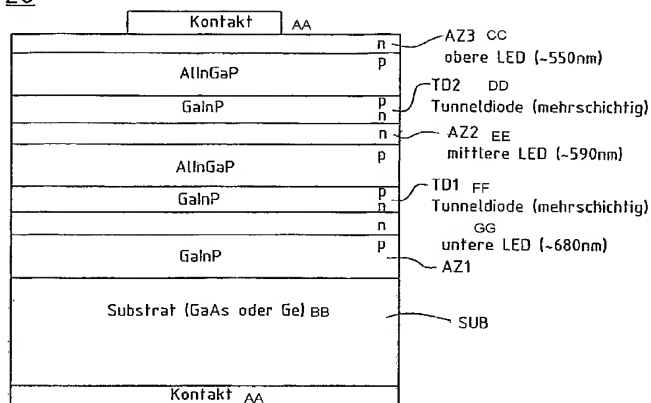
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SEMICONDUCTOR STRUCTURE COMPRISING ACTIVE ZONES

(54) Bezeichnung: AKTIVE ZONEN AUFWEISENDE HALBLEITERSTRUKTUR

26



AA... CONTACT  
BB... SUBSTRATE (GaAs or Ge)  
CC... UPPER LED  
DD... TUNNEL DIODE (MULTILAYER)  
EE... CENTRAL LAYER  
FF... TUNNEL DIODE (MULTILAYER)  
GG... LOWER DIODE

(57) Abstract: The invention relates to a semiconductor structure with active zones, such as light diodes or photodiodes (10, 16, 24, 26, 36, 46, 54, 68, 74, 80), comprising a substrate (SUB) with at least two active zones (AZ1 - AZn), each of which emits or absorbs a radiation of differing wavelength. According to the invention, a multi-wavelength diode may be achieved, whereby a first (lower) active zone (AZ1) is grown on a surface of the substrate (SUB), whereby one or several further active zones (AZ1 - AZn) are epitaxially grown one on the other and the active zones (AZ1 - AZn) are serially connected from the lower active zone (AZ1) to an upper active zone (AZn), by means of tunnel diodes (TD1 - TDn), serving as low-impedance resistors.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/073485 A3



— mit geänderten Ansprüchen

**(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen  
Recherchenberichts:** 13. April 2006

**Veröffentlichungsdatum der geänderten Ansprüche:**  
11. Mai 2006

**(15) Informationen zu Berichtigungen:**

**Frühere Berichtigungen:**

siehe PCT Gazette Nr. 47/2005 vom 24. November 2005

siehe PCT Gazette Nr. 43/2005 vom 27. Oktober 2005

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf eine aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur wie Leuchtdiode oder Photodiode (10, 16, 24, 26, 36, 46, 54, 68, 74, 80), umfassend ein Substrat (SUB) mit zumindest zwei aktiven Zonen (AZ1 - AZn), von denen jede eine Strahlung unterschiedlicher Wellenlänge emittiert oder absorbiert. Zur Realisierung einer Multi-Wavelength-Diode ist vorgesehen, dass eine erste (untere) aktive Zone (AZ1) auf eine Oberfläche des Substrates (SUB) aufgewachsen ist, wobei ein oder mehrere weitere aktive Zonen (AZ1 - Azn) übereinander epitaktisch aufgewachsen sind und wobei die aktiven Zonen (AZ1 - AZn) über als niederohmige Widerstände dienende Tunnelndioden (TD1 - TDn) von der unteren aktiven Zone (AZ1) bis zu einer oberen aktiven Zone (AZn) seriell verschaltet sind.

**EP05/00759**

**GEÄNDERTE ANSPRÜCHE**

**[beim Internationalen Büro am 06. Februar 2006 (06.02.06) eingegangen]**

**GEÄNDERTE ANSPRÜCHE**  
[beim Internationalen Büro am 06. Februar 2006 (06.02.06) eingegangen]

**Patentansprüche**

Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur

1. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur in Form einer definiert viele Lichtwellenlängen emittierende oder absorbierende Multiwavelength-Diode wie Leuchtdiode oder Photodiode (10, 16, 24, 26, 36, 46, 54, 68, 74, 80), umfassend ein Substrat (SUB) mit zumindest zwei aktiven Zonen (AZ1 – AZn), von denen jede eine Strahlung unterschiedlicher Wellenlänge emittiert oder absorbiert, wobei eine erste (untere) aktive Zone (AZ1) auf eine Oberfläche des Substrates (SUB) aufgewachsen ist,  
wobei zumindest eine weitere (obere) aktive Zone (AZ1 – AZn) epitaktisch aufgewachsen ist und wobei die aktiven Zonen (AZ1 – AZn) über zumindest eine als niederohmiger Widerstand dienende Trennschicht (TD1 – TDn) von der unteren aktiven Zone (AZ1) bis zu der oberen aktiven Zone (AZn) seriell verschaltet sind, wobei die Trennschicht (TD1 – TDn) als gegenpolarisierter np- oder pn-Übergang in Form einer Trenndiode bzw. Tunneldiode ausgebildet ist, wobei zwischen der unteren aktiven Zone (AZ1) und der oberen aktiven Zone (AZn) ein oder mehrere weitere aktive Zonen (AZn) epitaktisch aufgewachsen sind, wobei die unterste aktive Zone (AZ1) eine geringe energetische Bandlücke aufweist, wobei die folgenden aktiven Zonen (AZ2 – AZn) jeweils eine höhere energetische Bandlücke aufweisen, als eine vorherige aktive Zone und wobei die zum Aufwachsen bzw. Epitaxieren der Trenndioden bzw. Tunneldioden (TD) verwendeten Halbleitermaterialien entweder einen indirekten Bandübergang aufweisen oder eine energetische Bandlücke, die jeweils etwas höher liegt als die der darunter liegenden verwendeten Halbleitermaterialien,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass auf eine aktive Zone (AZn) eine Absorptionsschicht (AbsS) mit gleichem Material der pn-Schicht der aktiven Zone (AZn) aufgewachsen ist.

## 2

2. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur in Form einer Leuchtdiode oder Photodiode (10, 16, 24, 26, 36, 46, 54, 68, 74, 80), umfassend ein Substrat (SUB) mit zumindest zwei aktiven Zonen (AZ1 – AZn), von denen jede eine Strahlung unterschiedlicher Wellenlänge emittiert oder absorbiert, wobei eine erste (untere) aktive Zone (AZ1) auf eine Oberfläche des Substrates (SUB) aufgewachsen ist, wobei zumindest eine weitere (obere) aktive Zone (AZ1 – AZn) epitaktisch aufgewachsen ist und wobei die aktiven Zonen (AZ1 – AZn) über zumindest eine als niederohmiger Widerstand dienende Trennschicht (TD1 – TDn) von der unteren aktiven Zone (AZ1) bis zu der oberen aktiven Zone (AZn) seriell verschaltet sind, wobei definiert viele Lichtwellenlängen emittierende oder absorbierende Multiwavelength-Diode zwischen der unteren aktiven Zone (AZ1) und der oberen aktiven Zone (AZn) ein oder mehrere weitere aktive Zonen (AZn) epitaktisch aufgewachsen sind, wobei die unterste aktive Zone (AZ1) eine geringe energetische Bandlücke aufweist, wobei die folgenden aktiven Zonen (AZ2 – AZn) jeweils eine höhere energetische Bandlücke aufweisen, als eine vorherige aktive Zone und dass die Trennschicht (TD1-TDn) als metallischer Kontakt (K) ausgebildet ist,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass auf eine aktive Zone (AZn) eine Absorptionsschicht (AbsS) mit gleichem Material der pn-Schicht der aktiven Zone (AZn) aufgewachsen ist.
3. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Material des Substrates (SUB) GaAs, Ge, InP, GaSb, GaP, InAs, Si, SiGe, SiC, SiGe : C, Saphir, Diamant ist.

4. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Material der aktiven Zonen (AZ1 – AZn) GaAs, GaInP (geeignete Kompositionen), AlGaAs (viele geeignete Kompositionen), GaInAs (geeignete Kompositionen), AlInGaP (viele geeignete Kompositionen), GaAsN, GaN, GaInN, InN, GaInAlN (geeignete Kompositionen), GaAlSb, GaInAlSb, CdTe, MgSe, MgS, 6HSiC, ZnTe, CgSe, GaAsSb, GaSb, InAsN, 4H-SiC,  $\alpha$  – Sn, BN, BP, BAs, AlN, ZnO, ZnS, ZnSe, CdSe, CdTe, HgS, HgSe, PbS, PbSe, PbTe, HgTe, HgCdTe, CdS, ZnSe, InSb, AlP, AlAs, AlSb, InAs und/oder AlSb ist oder eine oder mehrere dieser Materialien enthält.
5. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Bandemissionsdiode (16) folgenden Aufbau umfasst:
- ein GaAs- oder Ge-Substrat (SUB),
  - eine auf das Substrat aufgewachsene GaAs-Diode (AZ1) (untere Diode),
  - darüber in abwechselnder Reihenfolge eine auf die GaAs-Diode (AZ1) aufgewachsene Trenndiode wie GaInP-Trenndiode (TD) bzw. AlGaAs-Trenndiode (TD1 ... TDn) gefolgt von einer auf die Trenndiode aufgewachsenen GaInP-Diode (AZ3) bzw. AlGaAs-Diode (AZ3-AZn),
  -
- wobei der Bandemissionsbereich dadurch definiert wird, dass die Anzahl der Dioden (AZ1 – AZn), die Anzahl sowie deren Breite der Peaks einen zusammenliegenden Lichtemissionsbereich ausbildet, in der Art, wie er durch einen einzelnen Peak nicht erreicht werden könnte und somit ein resultierender Emissionsbereich entsteht.

6. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die einzelnen aktiven Zonen (AZ1 – AZn) jeweils mit einem eigenen metallischen Kontakt (K) zum Anschluss einer Zuleitung versehen sind.
7. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Mischfarben-LED (26) (braun) folgenden Aufbau umfasst:
- ein GaA- oder Ge-Substrat (SUB),
  - eine auf das Substrat aufgewachsene untere aktive Zone (AZ1) aus z. B. GaInP (auch AlGaInP),
  - eine erste auf die untere aktive Zone aufgewachsene Trenndiode (TD1) aus GaInP oder AlGaInP,
  - eine auf die Trenndiode aufgewachsene mittlere aktive Zone (AZ2) aus AlInGaP,
  - eine zweite Trenndiode (TD2) und
  - eine auf die zweite Trenndiode aufgewachsene obere aktive Zone (AZ3) aus AlInGaP.

8. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Mischfarben-LED (36) folgenden Aufbau umfasst:
- ein GaAa- oder Ge-Substrat (SUB),
  - eine auf das Substrat aufgewachsene untere aktive Zone (AZ1) gefolgt von zwei weiteren aktiven Zonen (AZ2 – AZn) zwischen denen jeweils eine Tunneldiode (TD1 – TDn) angeordnet ist und wobei die obere aktive Zone (AZn) einen metallischen Kontakt (K) zur Verbindung mit einem elektrischen Anschluss aufweist.
9. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der zwischen den aktiven Zonen (AZ1 – Azn) angeordnete Metallkontakt (K, BK, LK) geklebt, gelötet, gedrückt, gebondet oder geschweißt ist.
10. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die untere aktive Zone (AZ1) aus einem AlInGaP-Material mit einer Wellenlänge von ca. 620 nm ist, dass die mittlere aktive Zone (AZ2) ein AlInGaP-Halbleitermaterial mit einer Wellenlänge von ca. 550 nm ist und dass die obere aktive Zone (AZ3) ein GaInN-Halbleitermaterial mit einer Wellenlänge im Bereich von ca. 400 bis 450 nm ist.



11. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass einer obersten aktiven Zonen (AZn) einen Kontakt (BK) wie Bond-Kontakt aufweist.
12. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die aktive Zonen (AZ1 – Azn, PD1 – PDn) aufweisende Halbleiterstruktur (46) ein Mischfarbensensor ist, wobei die aktiven Zonen (PD1 – PDn) als Photodioden ausgebildet sind und eintreffendes Mischfarbenlicht selektiv in den dazugehörigen aktiven Zonen absorbierbar ist, von wo ein generierter Strom selektiv abgreifbar ist.
13. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Mischfarbensensor (46) den folgenden Aufbau aufweist:
- ein GaAs- oder ein Ge-Substrat (SUB) auf dessen Unterseite ein metallischer Kontakt (K) und auf dessen Oberseite eine GaInP- oder AlInGaP-Photodiode (PD1) aufgebracht wie aufgewachsen ist,
  - dass auf der Photodiode eine np-Trenndiode (TD1) aus einem AlInGaP-, AlGaAs- oder GaInP-Material aufgebracht ist,
  - ein zweiter pn-Übergang aus einer AlInGaP-Photodiode (PD2),
  - eine np-Trenndiode (TD2) und
  - ein dritter pn-Übergang als die GaAlN- oder AlGaInN-Photodiode (PD3) ausgebildet ist.

14. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die erste Photodiode (PD1) in einem Wellenbereich von  $\lambda = 600$  nm bis 680 nm liegt, dass die mittlere Photodiode (PD2) in einem Wellenbereich von  $\lambda = 550$  nm liegt und dass die dritte Photodiode (PD3) in einem Wellenbereich von  $\lambda = 400$  nm bis 450 nm liegt.
15. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass jede der lichtdetektierenden Photodioden (PD1 – PDn) mit einem metallischen Kontakt (K) zum Anschluss einer elektrischen Leitung versehen ist.
16. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die aktiven Zonen aufweisende Halbleiterstruktur wie Leuchtdiode oder Photodiode ein Farbdisplay (80) bilden.
17. Aktive Zonen aufweisende Halbleiterstruktur nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Farbdisplay (80) aus einer Vielzahl von lichtemittierenden Halbleitereinrichtungen (82) gemäß zumindest einem der Ansprüche 1 bis 17 ausgebildet ist, wobei ein Pixel (82) des Farbdisplays (80) einer lichtemittierenden Halbleitereinrichtung entspricht und wobei jeder Pixel (82) und die entsprechenden Farben selektiv ansteuerbar sind.